

# RANCANG BANGUN INTERNET OF THINGS BERBASIS WEB UNTUK PEMANTAUAN KETINGGIAN AIR WADUK

<sup>1</sup>Anggraini Kusumaningrum\*, <sup>2</sup>Astika Ayuningtyas, <sup>3</sup>Asih Pujiastuti, <sup>4</sup>Salam Aryanto, <sup>5</sup>Puja Kurnia Putri

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Informatika Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, <sup>5</sup>Departemen Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjito

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jl. Majapahit Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta 55198

<sup>1</sup>anggraini@itda.ac.id, <sup>2</sup>astika@itda.ac.id, <sup>3</sup>asihpuji@itda.ac.id, <sup>4</sup>salamaryanto@itda.ac.id

<sup>5</sup>pujakurnia@gmail.com

\*) Penulis Korespondensi

## Abstrak

*Inovasi PT Great Giant Pineapple ini yaitu membuat sensor ketinggian muka air pada waduk, agar kapasitas air waduk tersedia sampai akhir musim kemarau. PT Great Giant Pineapple harus mengetahui volume waduk tersebut sesuai perhitungan ilmiah. Sampai saat ini proses penyiraman tanaman, PT Great Giant Pineapple masih menggunakan data potensial waduk sebagai acuan perhitungan volume air waduk. Data potensial adalah data awal yang memuat luas dan tinggi kedalaman awal ketika waduk pertama kali dibuat. Seiring berjalannya waktu, luas dan kedalaman waduk mengalami perubahan yang disebabkan aktivitas sedimentasi, sehingga data potensial waduk tidak bisa menjadi acuan untuk perhitungan ketersediaan air waduk selanjutnya. Untuk mengatasi hal tersebut, saat ini PT Great Giant Pineapple sedang melakukan pengembangan dengan menggunakan metode monitoring drone boot. Metode monitoring drone boot yang menggunakan sensor ultrasonik ini memungkinkan mendapatkan volume waduk secara aktual dengan menggunakan persamaan volume. Pemanfaatan Internet of Thing (IoT) menggunakan arduino ESP32 dikirimkan ke aplikasi yang terhubung dengan menggunakan internet. Sistem ini dirancang untuk dapat memonitoring ketinggian muka air di waduk secara realtime melalui web dan dapat merancang penyimpanan data realtime. Dari hasil perbandingan pengujian yang dilakukan selama 30 hari kepada IoT, tingkat akurasi data pengukuran manual dengan data perangkat IoT sebesar 98,46%.*

**Kata Kunci:** *Arduino ESP32, Internet of Things, Ketinggian waduk, Sensor Ultrasonik, Thingspeak*

## Abstract

*PT Great Giant Pineapple's innovation is to create a water level sensor in the reservoir, so that the reservoir's water capacity is available until the end of the dry season. PT Great Giant Pineapple must know the volume of the reservoir according to scientific calculations. Until now, the process of watering plants, PT Great Giant Pineapple still uses reservoir potential data as a reference for calculating the reservoir's water volume. Potential data is initial data that contains the area and initial depth when the reservoir was first created. Over time, the area and depth of the reservoir have changed due to sedimentation activity, so that reservoir potential data cannot be used as a reference for calculating the availability of subsequent reservoir water. To overcome this, PT Great Giant Pineapple is currently developing using the drone boot monitoring method. The drone boot monitoring method using this ultrasonic sensor allows you to obtain the actual reservoir volume using the volume equation. Utilization of the Internet of Things (IoT) using the Arduino ESP32 is sent to an application that is connected using the internet. This system is designed to be able to monitor the water level in the reservoir in real time via the web and can*

*design real-time data storage. From the results of the comparative testing carried out for 30 days on IoT, the level of accuracy of manual measurement data with IoT device data was 98.46%.*

**Keywords:** *Arduino ESP 32, Internet of Things, Reservoir height, Thingspeak, Ultrasonic Sensors*

## PENDAHULUAN

*Internet of things* (IoT) memanfaatkan internet sebagai interaksi antara mesin yang telah terhubung otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa terbatas jarak serta waktu. waduk buatan merupakan perairan berbentuk bendungan yang dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Beberapa manfaat waduk antara lain adalah sebagai sumber pengairan lahan maupun sawah, sebagai penghasil listrik, memenuhi kebutuhan air dlm kehidupan sehari-hari dan masih banyak lagi. Kapasitas ketersediaan air waduk buatan mengalami naik turun yang dipengaruhi oleh curah hujan, kapasitas ketersediaan air waduk tersebut dapat diketahui dari data potensi waduk, dimana data potensi tersebut merupakan data awal yang berisi luas awal dan kedalaman saat waduk pertama kali dibuat, namun seiring berjalannya waktu, luas dan kedalaman waduk mengalami perubahan akibat aktivitas sedimentasi yang mengakibatkan dasar waduk menjadi dangkal, hal ini menyebabkan data potensi tersebut tidak dapat lagi dijadikan acuan untuk menentukan volume kapasitas air waduk, dari permasalahan tersebut digunakan metode drone boot monitoring dimana ketinggian air waduk diperoleh dengan cara mengukur waduk setiap harinya, untuk mendukung pengembangan *drone boot* tersebut, maka

dibuatlan system yang memandaatkan IoT untuk mendapatkan ketinggian air waduk secara real time.

Beberapa penelitian terdahulu yang memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian atau kedalaman diantaranya digunakan untuk mengukur kedalaman dan koordinat lubang menggunakan sensor ultrasonik dan GPS berbasis IoT dapat mengukur lubang yang memiliki lebar lebih dari 2cm, dengan nilai error GPS Ublox Neo-7M untuk data lintang 0,0006% dan bujur 0,00004% [1], selain untuk mengukur ketinggian lubang, Sensor ultrasonik HC-SR04, nodeMCUESP8266 dikembangkan untuk memantau ketinggian panci evaporasi kelas A yang digunakan oleh BMKG secara otomatis[2].

Penggunaan sensor ultrasonic HC-SR04, *ethernet shield compatible* Arduino uno untuk memberikan informasi ketinggian air dengan keakurasian mencapai 92% dalam waktu rata-rata 10-12 detik kepada petugas melalui *Short Message Service* (SMS) dengan kecepatan mencapai 10-30 detik [3]. Penggunaan sensor ultrasonic yang berjenis waterproof dengan tipe sensor A02YYUW berbasis Arduino Uno untuk mengukur jarak dari 50 cm sampai dengan 400 cm menghasilkan tingkat akurasi 86% [4].

Pemanfaatan ESP32 cenderung digunakan untuk pemantauan dengan aplikasi

berbasis web, beberapa penelitian yang menggunakan ESP32 diantaranya digunakan untuk mengontrol keamanan yang dipadukan dengan infra red ataupun sensor lainnya untuk mendeteksi keberadaan orang ataupun mengontrol perangkat yang ada dirumah, ESP 32 tersebut akan mengirimkan alarm kepada pemilik jika terdeteksi sesuatu yang menjadi indikasi kejanggalkan[5], [6], [7], [8].

*Thingspeak* digunakan untuk mendapatkan data dari arduino. Monitoring menggunakan kulaitas air waduk berbasis thingspeak memberikan hasil prediksi kesalahan ukur yang minimum dari hasil perbandingan pengukuran[9]. Pengukuran volume tangki SPBU dengan menggabungkan sensor ultrasonik, ESP8266 dan thingspeak memberikan informasi volume tangki SPBU secara realtime[10].

*Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Cara kerja IoT yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia, dalam jarak berapapun dan kapanpun.

Tantangan terbesar dalam mengkonfigurasi IoT ialah Menyusun jaringan komunikasinya sendiri, dimana jaringan tersebut sangatlah kompleks dan memerlukan system keamanan yang ketat[11]. Pemanfaatan

IoT banyak digunakan di sektor keamanan, keselamatan ataupun untuk mengontrol keadaan yang letaknya cukup jauh.

Penelitian tentang monitoring kualitas air Sungai jarak jauh menggunakan IoT menawarkan manfaat yang signifikan dalam hal deteksi dini kejadian polusi, memastikan keselamatan kehidupan akuatik, dan mendukung praktik navigasi yang berkelanjutan[12]. Keuntungan penggunaan IoT dalam melakukan monitoring khususnya untuk monitoring kondisi air baik pada waduk ataupun pada Sungai masih dapat berkembang dalam jangka waktu yang cukup lama[13], [14].

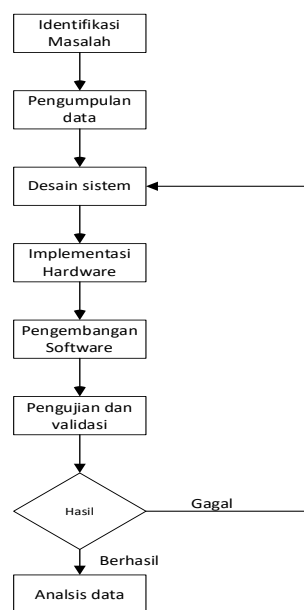
Berdasarkan penelitian sebelumnya, PT Great Giant Pineapple berusaha meningkatkan proses pemantauan volume air waduk yang digunakan untuk irigasi di perkebunan nanas. Awalnya, pengukuran dilakukan secara manual menggunakan pipa, yang kemudian dikembangkan dengan menggunakan drone yang dilengkapi sensor ultrasonik. Namun, kedua metode ini masih terbatas oleh kondisi cuaca dan harus dilakukan secara manual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan menggunakan sensor ultrasonik yang dikombinasikan dengan Arduino ESP32, koneksi internet, dan platform ThingSpeak untuk pengumpulan data, sehingga pemantauan dapat dilakukan secara otomatis dan real-time melalui aplikasi berbasis web..

## METODE PENELITIAN

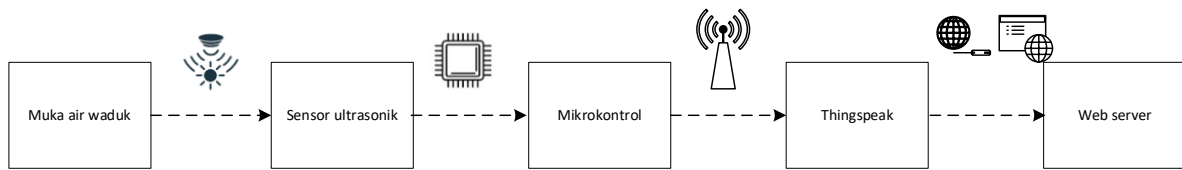
### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan dalam melakukan penelitian monitoring ketinggian air waduk dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1 tahapan penelitian dimulai dengan Identifikasi masalah dan tujuan, pengukuran ketinggian air waduk digunakan untuk mengetahui ketinggian waduk yang merupakan sumber air bagi Perkebunan nanas di PT Great Giant Pineapple. Tahapan kedua adalah Pengumpulan data yang dilakukan dengan studi literatur dan observasi terhadap lingkungan. Tahapan ketiga adalah desain sistem, dimana pada tahapan ini pemilihan komponen mikrokontroler Arduino ESP 32 dengan sensor ultrasonik dan platform IoT adalah Thingspeak yang terhubung dengan internet, dari hasil pemilihan komponen tersebut maka dibuatlah arsitektur sistem seperti pada Gambar 2. Tahapan keempat

adalah Implementasi *hardware*, pada tahapan ini dimulai dengan merakit komponen rangkaian elektronik dan pemasangan sensor. Tahapan kelima adalah pengembangan *software*, pada tahapan ini mulai perangkat lunak yang dapat menghubungkan antara sensor dan aplikasi web, kode mikrokontrol menggunakan librari pada bahasa C dengan hasil output dikirimkan ke Thingspeak, data yang diperoleh oleh thingspaek ditampilkan kepada user dengan menggunakan aplikasi berbasis web. Tahapan keenam merupakan tahap pengujian dan validasi sistem, pengujian dilakukan terhadap hardware, software dan validasi data. Jika hasil pengujian masih blm sesuai maka akan kembali melakukan pengecekan terhadap desain sistem dan alur selanjutnya akan dilakukan lagi hingga hasil sudah sesuai. Tahap ketujuh adalah analisis data, pada tahapan ini merupakan tahapan untuk memantau tren ketinggian air. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Tahapan Penelitian**



**Gambar 2. Alur Kerja Sistem**

### Proses Pengambilan Data

Sensor akan mengirimkan gelombang ultrasonik ke dasar waduk, gelombang ini bekerja pada frekuensi yang tidak terdengar oleh manusia, setelah gelombang ultrasonik memantul dari dasar waduk, sensor menerima pantulan gelombang tersebut, sensor mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi ke dasar waduk dan Kembali ke sensor. Berdasarkan waktu yang diukur, sensor dapat menghitung jarak antara sensor dengan dasar waduk dengan menggunakan rumus persamaan suara. Data jarak yang dihitung kemudian dikirimkan ke Arduino melalui pin Echo. Arduino kemudian memproses data tersebut untuk di kirimkan ke Thingspeak

### Alur Kerja Sistem

ESP32 adalah merupakan microcontroller Bluetooth 4.0 serta Wi-Fi yang akan dipasangkan dengan Arduino untuk dapat mengirimkan data. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif. Mikrokontroler ini didesain berbasis IoT (*Internet of Things*) sehingga dilengkapi dengan periferal-periferal jaringan built-in seperti Bluetooth dan Wi-Fi. Hingga saat ini, penggunaan mikrokontroler ini sudah cukup masif dilakukan dikarenakan tuntutan untuk menyesuaikan diri dengan revolusi industri

4.0[15]. Sensor ultrasonic akan memindai ketinggian air waduk, data ketinggian yang diperoleh akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Uno yang selanjutnya data tersebut dikirim ke penyimpanan data ThingSpeak dengan menggunakan jaringan internet yang tersedia dalam modem. Data yang terkumpul tersebut akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel ke aplikasi web dengan menggunakan API Key yang disediakan oleh ThingSpeak. Gambar 2 merupakan Alur kerja Sistem.

### Perancangan Sistem

#### 1. Alur Proses Pada Arduino dan thingspeak

Alur proses pada arduino dapat dilihat pada Gambar 3a. Proses pada arduino dimulai dengan memastikan sensor dalam keadaan hidup atau tidak, jika sensor tidak hidup maka akan muncul pesan bahwa sensor dalam keadaan mati. Jika sensor dalam keadaan hidup maka proses pengambilan data akan dilakukan. Gambar 3b merupakan proses pengiriman data dari Arduino menuju ke thingspeak. Proses dimulai dengan mengecek apakah internet dalam keadaan terkoneksi atau tidak, jika internet tidak terkoneksi maka akan muncul pesan internet connection failure. Jika koneksi internet dalam keadaan terkoneksi

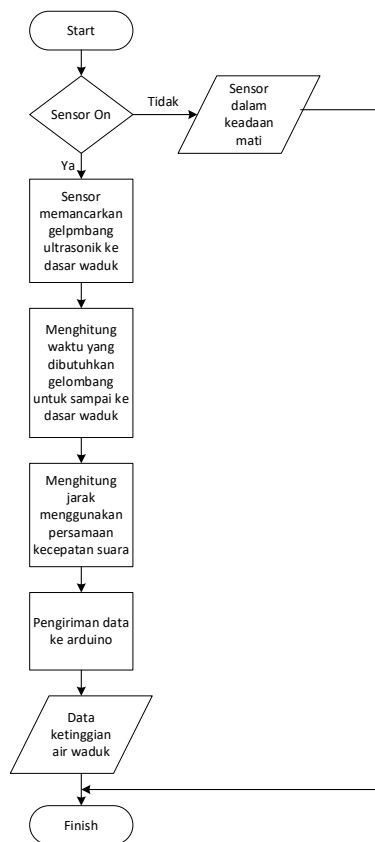
maka proses pengiriman data dari Arduion menuju ke thinkspeak dijalankan secara realtime. Data tersebut langsung tersimpan di dalam database thingspeak berupa tanggal, jam dan ketinggian air waduk.

## 2. Alur Proses Sistem Monitoring berbasis Web

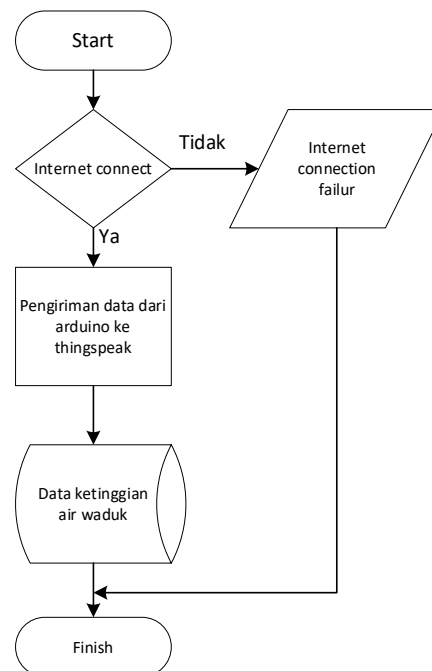
Alur proses sistem monitoring ketinggian air waduk berbasis web dimulai dengan proses autentifikasi user, user harus memasukkan username dan password. Setelah proses autentifikasi berhasil, pada halaman user akan muncul halaman dashboard dimana pada laman tersebut terdapat dua menu yaitu menu ketinggian dan logout. Jika user memilih ketinggian maka akan sistem akan melakukan

sambungan ke Thingspeak dengan menggunakan API dari Thingspeak. Setelah porses sambungan berhasil maka, Thingspeak akan melakukan transfer data ketinggian air waduk yang sudah dilakukan seperti yang tergambar pada Gambar 3b.

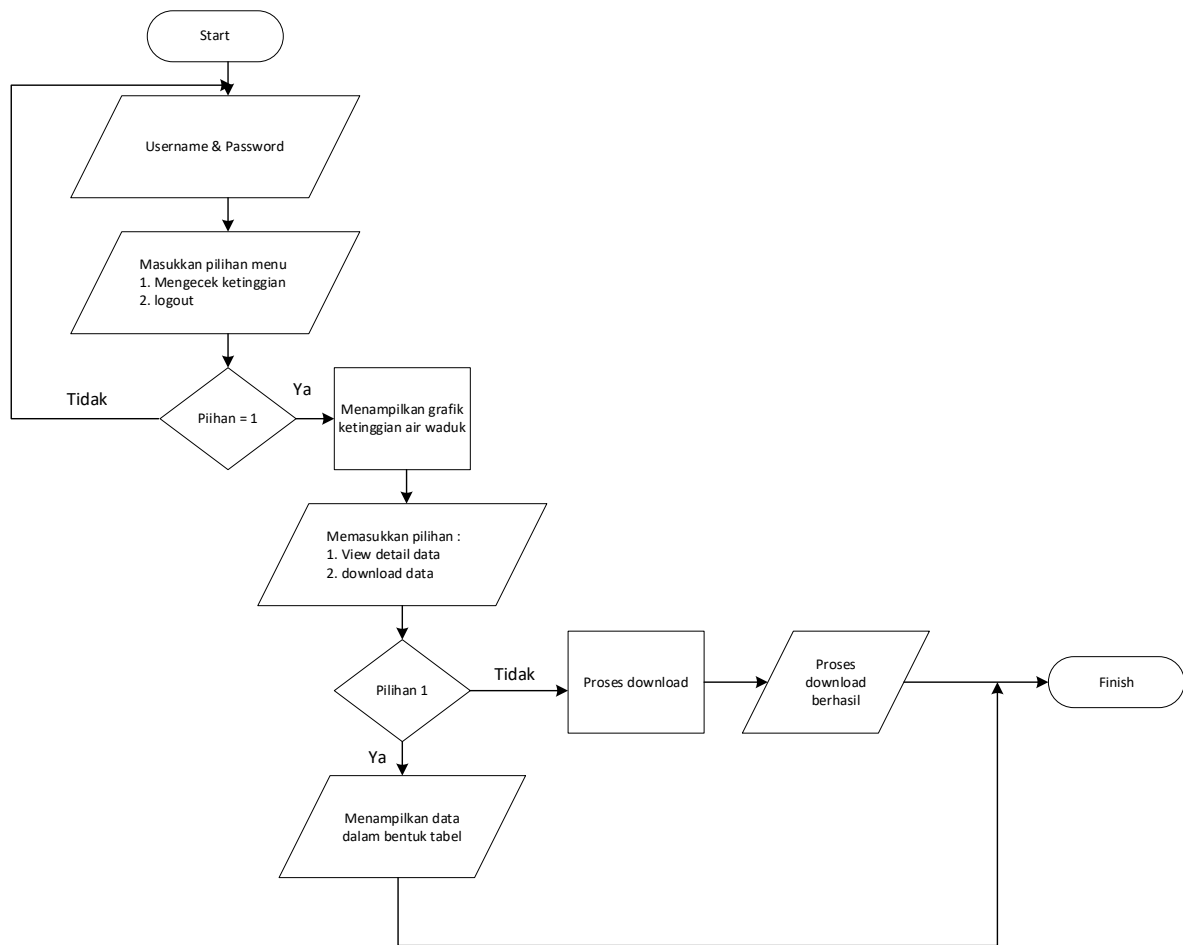
Pada laman ketinggian tersebut akan menampilkan visualisasi grafik ketinggian air waduk. Pada laman ketinggian ini juga user dapat melihat dan mengunduh lebih detail data-data dari ketinggian air waduk dalam bentuk tabel. User dapat mellihat lebih detail ketinggian air waduk dari waktu ke waktu dan dapat mengunduh data tersebut. Gambar 4 merupakan Alur proses Sistem monitoring ketinggian air waduk berbasis web.



Gambar 3a. Alur Proses Arduino



Gambar 3b. Alur proses pada Thingspeak



**Gambar 4. Flowchart Sistem.**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengamatan dilakukan dengan beberapa proses, yaitu proses pengamatan perangkat manual, proses pengamatan dengan perangkat IoT. Pengamatan pada perangkat manual yang dilakukan dengan menggunakan pipa meteran untuk mengukur ketinggian muka air (Gambar 5). Pengukuran ini dilakukan menggunakan perangkat IoT yang terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32 dengan jarak perangkat IoT sampai ke dasar waduk (Gambar 6). Hasil

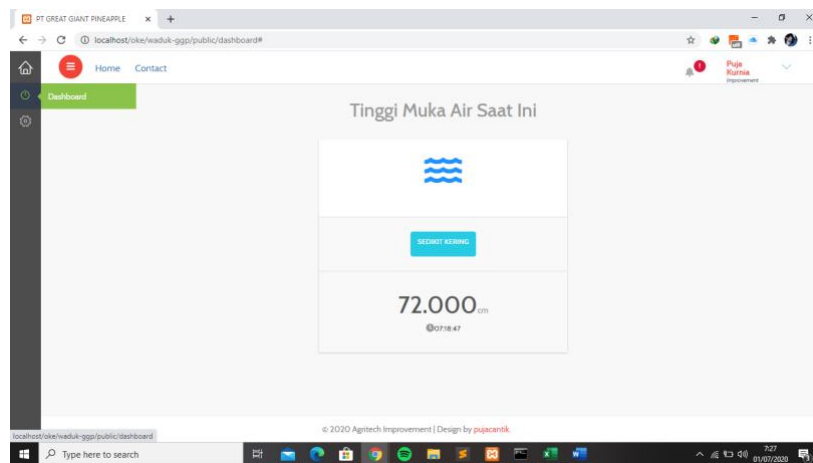
dari pengamatan dengan menggunakan IoT ditampilkan pada aplikasi berbasis Web, jika use berhasil melakukan Login, maka akan tampil Dashboard dimana terdapat beberapa menu diantaranya Home, menu grafik dan menu tabel (Gambar 7a, 7b, 7c). Gambar 7a merupakan tampilan dashboard ketika user selesai login. Gambar 7b merupakan tampilan ketika user memilih ketinggian air waduk, pada laman ini user dapat melihat grafik ketinggian air waduk dari waktu ke waktu. Gambar 7c merupakan tampilan data detail ketinggian air waduk dalam bentuk tabel.



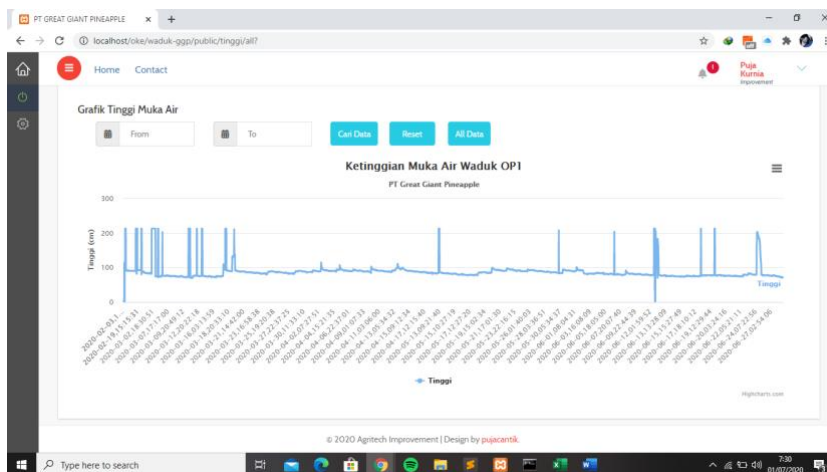
**Gambar 5. Pengukuran Manual**



**Gambar 6. Pengukuran dengan perangkat IoT**



**Gambar 7a. Dashboard pada aplikasi**

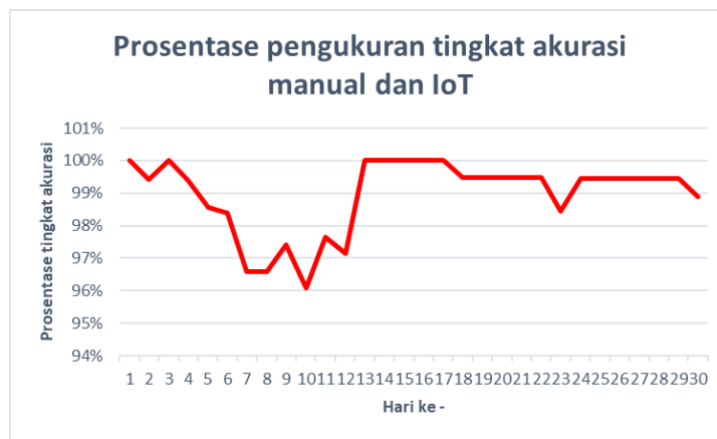


**Gambar 7b. Grafik Tinggi Air Waduk**



#	Entry_ID	Object_ID	Sensor_ID	Value	Date	Time	Status
1	23086	OPI	Tinggi	72.000	2020-07-01	00:19:02	sedikit kering
2	23089	OPI	Tinggi	73.000	2020-07-01	00:49:03	sedikit kering
3	23092	OPI	Tinggi	72.000	2020-07-01	01:19:00	sedikit kering
4	23095	OPI	Tinggi	72.000	2020-07-01	01:49:00	sedikit kering

**Gambar 7c. Tabel Detail Ketinggian Air Waduk**



**Gambar 8. Grafik Prosentase Tingkat Akurasi antara Perangkat Manual dan IoT selama 30 Hari.**

Akurasi (ketelitian/kecermatan) adalah ukuran perbedaan atau kedekatan antara rata-rata hasil uji dengan nilai sebenarnya (*true value*). Harga akurasi ditentukan dari besarnya penyimpangan data hasil uji dengan harga sesungguhnya (*true value*). Salah satu cara untuk mengetahui akurasi yaitu dengan jalan menganalisis bahan pembanding bersertifikat (*Certified Reference Material*) yang telah diketahui kandungan unsur tertentu yang tercantum dalam sertifikat. Akurasi dihitung dengan persamaan 1[17] dimana  $\bar{x}$  adalah nilai dari selisih antara ketinggian secara manual

dengan ketinggian secara IoT dan nilai dari selisih antara kecepatan waktu yang dihasilkan IoT dengan kecepatan waktu yang dihasilkan website dan  $x_{TV}$  adalah nilai dari ketinggian muka air secara manual dan nilai dari kecepatan waktu yang dihasilkan sensor.

$$akurasi = \frac{\bar{x}}{x_{TV}} \quad (1)$$

Berdasarkan keseluruhan data yang diamati diambil sampel data sebanyak 30 data untuk dianalisis perbandingan antara pengukuran manual dengan pengukuran perangkat IoT, Gambar 8 merupakan Grafik

prosentase tingkat akurasi antara perangkat manual dan IoT selama 30 hari. Pengujian akurasi ini dilakukan selama 30 hari pada bulan Juni tahun 2020 dengan menghitung ketinggian menggunakan alat ukur seperti pada gambar 5 dan membandingkan dengan menggunakan IoT yang digunakan seperti pada gambar 6. Dari hasil pengamatan diperoleh rata-rata tingkat akurasi antara perhitungan manual dengan menggunakan IoT adalah 98.46%, Gambar 8 merupakan Grafik prosentase tingkat akurasi antara perangkat manual dan IoT selama 30 hari

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring IoT menggunakan sensor ultrasonik dan Arduino ESP32 untuk memantau ketinggian air waduk di perkebunan nanas milik PT Great Giant Pineapple. Data ketinggian air dikirim secara real-time dari Arduino ESP32 ke aplikasi web melalui internet yang terhubung dengan ThingSpeak. Uji akurasi yang dilakukan selama 30 hari pada bulan Juni menunjukkan bahwa data ketinggian air antara metode manual dengan pipa ukur dan metode IoT berbasis web memiliki akurasi sebesar 98,46%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Rosyady, F. Fajeri, and M. A. Agustian, "Pengukuran Kedalaman dan Koordinat Jalan Berlubang Menggunakan Sensor Ultrasonik dan GPS Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Avitec*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.28989/avitec.v4i1.1061.
- [2] I. Gani, M. Jamil, and A. Sardju, "Sistem Monitoring Tinggi Permukaan Air Panci Penguapan Berbasis Node MCU Dengan Menggunakan Teknologi Internet of Things (IoT)," *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 53–58, 2019, doi: 10.33387/protk.v6i2.1202.
- [3] Y. Rafsyam, M. Syahid, H. Santoso, and I. Maulina, "Prototype Pemantau dan Pengukuran Ketinggian Air pada Bendungan Terdistribusi Twitter dan Notifikasi SMS Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," pp. 128–134.
- [4] D. Yudha Kusuma, N. Bayu Permatasari, R. Rostira Pebriani, and I. Hudati, "SENSOR ULTRASONIK WATERPROOF A02YYUW BERBASIS ARDUINO UNO PADA SISTEM PENGUKURAN JARAK," vol. 2, no. 2, 2021.
- [5] M. F. Wicaksono and M. D. Rahmatya, "Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 10, no. 1, pp. 40–51, Feb. 2020, doi: 10.34010/jati.v10i1.2836.
- [6] A. Ramschie *et al.*, "Prosiding The 12 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung," 2021.

- [7] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," 2022.
- [8] W. Yulita, A. Afriansyah, J. Terusan Ryacudu, W. Huwi, K. Jati Agung, and K. Lampung Selatan, "ALAT PEMANTAU KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM."
- [9] S. A. Akbar, D. B. Kalbuadi, and A. Yudhana, "ONLINE MONITORING KUALITAS AIR WADUK BERBASIS THINGSPEAK," *Transmisi*, vol. 21, no. 4, pp. 109–115, Oct. 2019, doi: 10.14710/transmisi.21.4.109-115.
- [10] E. Sorongan, Q. Hidayati, and K. Priyono, "ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 3, no. 2, p. 219, Dec. 2018, doi: 10.31544/jtera.v3.i2.2018.219-224.
- [11] A. Kusumaningrum, A. Pujiastuti, and M. Zeny, "Pemanfaatan Internet of Things Pada Kendali Lampu," *Compiler*, vol. 6, no. 1, pp. 53–59, 2017, doi: 10.28989/compiler.v6i1.201.
- [12] M. Staude, P. Brożek, E. Kostecka, D. Tarnapowicz, and J. Wysocki, "Remote Water Quality Monitoring System for Use in Fairway Applications," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 23, 2024, doi: 10.3390/app142311406.
- [13] M. Babiuch and P. Foltynek, "Benefits of Using Design Patterns on Microcontrollers in Implemented IoT Applications," *Sensors*, vol. 24, no. 23, 2024, doi: 10.3390/s24237803.
- [14] D. M. Carvalho, J. M. Dias, and J. F. de Abreu, "Sensing in Inland Waters to Promote Safe Navigation: A Case Study in the Aveiro's Lagoon," *Sensors*, vol. 24, no. 23, 2024, doi: 10.3390/s24237677.
- [15] R. Cakra Pratama, E. Sakti Pramukantoro, and A. Basuki, "Pengembangan Interface Bluetooth Low Energy (BLE) Pada IoT Middleware Untuk Mendukung Network Interoperability," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [16] nevsemi, "ESP32 vs. STM32," <https://www.nevsemi.com/blog/esp32-vs-stm32?form=MG0AV3>.
- [17] J. C. M. J. N. Miller, *Statistik Untuk Kimia Analitik*, Edisi 2. Bandung: ITB Bandung, 1991.